



Тема:

**Ход работ по углубленной оценке**  
**безопасности (УОБ)**

**2-го энергоблока Ленинградской АЭС**  
**LNPP-2 ISA: Work Progress**

➤ **Организация работ;**

**Work organization**

➤ **Содержание работ;**

**Scope and content of activities**

➤ **План-график выполнения работ;**

**Work schedule**



**Цели УОБ:**  
**ISA Objectives:**

**1. Разработка отчета по УОБ для энергоблоков Ленинградской АЭС и его представление Госатомнадзору РФ для получения лицензии на долгосрочную эксплуатацию.**

*Development of ISAR on LNPP power units, its submission to GAN for issuance of long-term operating license*

**2. Использование результатов УОБ, методик и документации для анализа безопасности станции на постоянной основе при последующей эксплуатации.**

*Usage of ISA results, methods and documentation for NPP safety analysis to be performed on a constant basis during further operation*

**3. Передача и использование западных методик анализа безопасности при дальнейшем развитии инфраструктуры ЛАЭС в данной области.**

*Transfer and application of Western safety analysis methods in the frames of further development of LNPP infrastructure in this area*



## Нормативная база работ по УОБ: Regulatory Basis for ISA work

Закон РФ об использовании атомной энергии **RF Law on Nuclear Power Utilization**

Положение о лицензировании - **Procedure on Licensing**

Общие положения по обеспечению безопасности АС  
**General provisions on NPP Safety Assurance**

Прочие нормативные документы ГАН - **Other GAN regulatory documents**

ТС ОУОБ (РБ Г-12-42-97) **Standard content of ISAR (RB G-12-42-97)**

**ОУОБ ISAR**

**Лицензия на эксплуатацию** **Operating License**

- Соглашение о проектах СЯБ между ЕБРР и ЛАЭС **EBRR-LNPP Agreement on NSA**
- Соглашение о проектах СЯБ между ЕБРР и Правительством РФ  
**EBRR-RF Government Agreement on NSA**



# Организационная структура проекта УОБ:

## ISA Project: Organizational Structure

**Эксплуатирующая организация ЛАЭС**  
**Operating Utility LNPP**

- ответственная за организацию и проведение всех работ по УОБ;
- несет ответственность за все результаты работ по УОБ

**НИКИЭТ**  
**NIKIET**

**РНЦ "Курчатовский институт"**  
**"Kurchatov institute"**

**ГИ "ВНИПИЭТ"**  
**VNIPIET (S-Petersburg)**

**СГПИИ "ВНИПИЭТ"**  
**VNIPIET (Sosnovy Bor)**

**Координационный комитет проекта УОБ**  
**Steering Committee of ISA Project**

- организация работ иностранных участников;
- финансирование отдельных задач.

**AEA-Technology**

**ES-Konsult**

**STUK**

**PNNL**



## Структура управления проектом УОБ на ЛАЭС: ISA Project: Management Structure at LNPP





## Отправная точка работ по УОБ:

Starting Point of ISA Work

Использование результатов международного проекта  
ВиДАБ 2-го блока ЛАЭС

Application of results obtained within International Project on LNPP 2 P&DSA

Использование результатов международных  
проектов по линии TACIS

Application of results obtained within TACIS International Projects

Использование результатов НИР по  
исследованию безопасности РБМК

Application of scientific-research studies of RBMK safety

Работы по УОБ ЛАЭС LNPP ISA Work



## Использование результатов проектов TACIS

### Application of TACIS Projects Results

Рассмотрение  
безопасности РБМК.  
Фаза-1  
Study of RBMK Safety. Phase-1

Рассмотрение  
безопасности РБМК.  
Фаза-2  
Study of RBMK Safety. Phase-2

### Использование в задачах УОБ:

#### Application for ISA Tasks:

1. ВАБ **PSA**;
- ДАБ **DSA**;
- Эксплуатация **Operation**;
- Анализ внешних воздействий **External Events Analysis**.



## Этапы проведения УОБ

ISA Milestones:

- Анализ "Рекомендаций ГАН..." (РБ Г-12-42-97)  
*Analysis of "GAN Recommendations..." (RB G-12-42-97);*
- Планирование работ по подзадачам  
*Task-by-Task work planning;*
- Подготовка методик проведения работ (техн. руководств)  
*Development of work methodology (Technical guidelines);*
- Выбор исполнителя работ  
*Selection of work performers;*
- Подготовка подробных технических заданий  
*Development of detailed SOWs (Statement of Work);*



## Этапы проведения УОБ (продолжение)

ISA Milestones:

- Сбор исходных данных  
**Collection of input data;**
- Проведение расчетов и анализов – подготовка отчетной документации  
**Calculations and analyses – preparation of reports;**
- Внутренняя экспертиза отчетов  
**Internal review of reports;**
- Доработка и утверждение отчетов  
**Finalization and approval of reports;**
- Направление отчетов в ГАН  
**Submission of reports to GAN**



Структура отчета по УОБ: Structure of ISA Report

**ОУОБ**  
**ISAR**

Сводный том отчета  
Summary Report

Приложение № 1  
*Техническое обоснование безопасности*  
Appendix 1 *Safety Technical Justification*

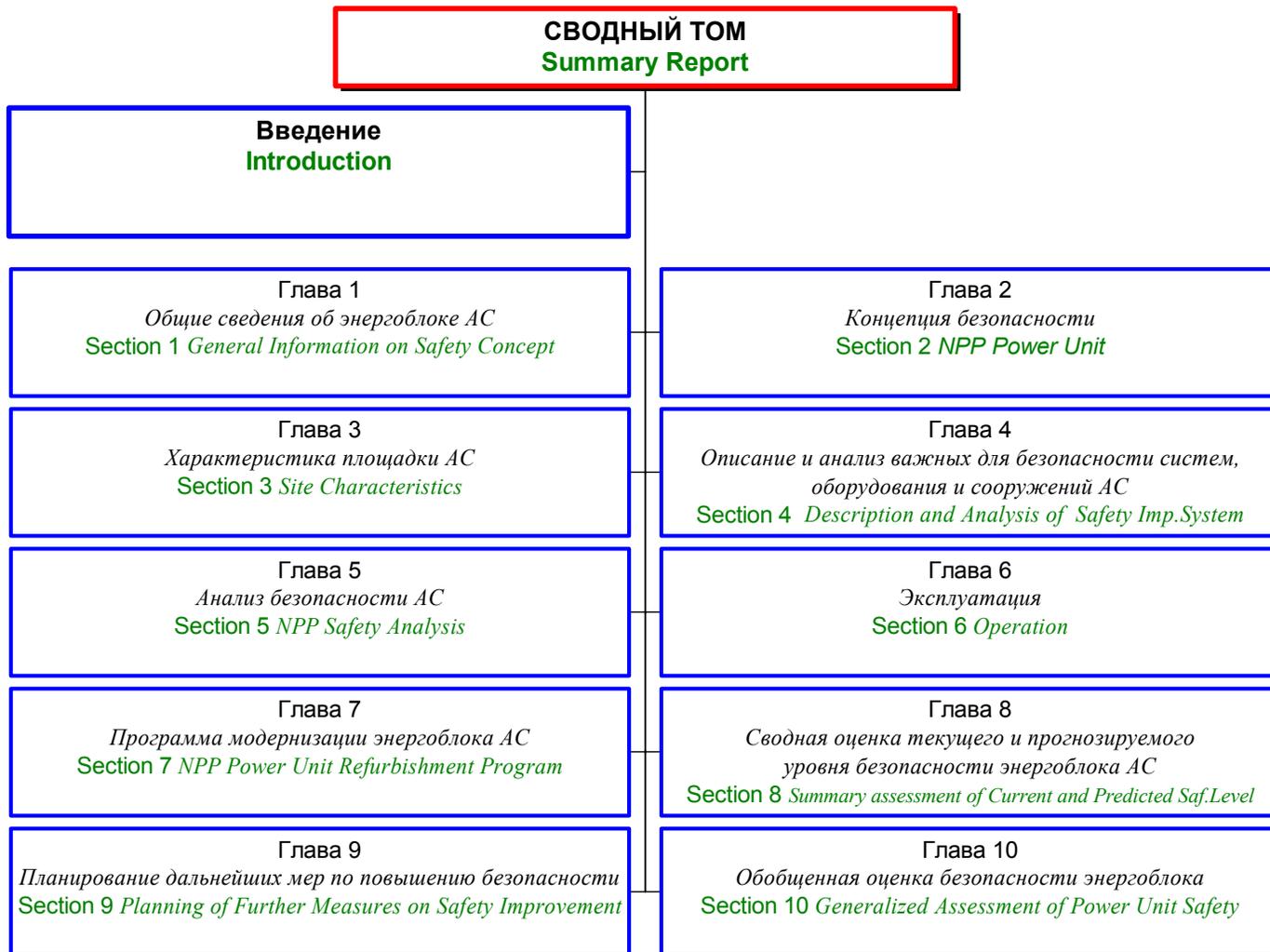
Приложение № 2  
*Дополнительное обоснование безопасности*  
Appendix 2 *Additional Safety Justification*

Приложение № 3  
*Вероятностный анализ безопасности*  
Appendix 3 *Probabilistic Safety Analysis*

Приложение № 4  
*Анализ запроектных аварий*  
Appendix 4 *Analysis of Beyond-Design-Basis Accidents*



# Структура сводного тома ОУОБ:





## Состав дополнительного обоснования безопасности (ДОБ)

### Content of Additional Safety Justification (ASJ):

Часть 1 – Отчеты по концепции безопасности 2-го энергоблока ЛАЭС

**Part 1 - Reports on LNPP 2 Safety Concept**

Часть 2 – Отчет по характеристике площадки 1-й очереди ЛАЭС

**Part 2 - Report on LNPP 1&2 Site Characterization**

Часть 3 – Отчеты по описанию и анализу важных для безопасности систем, оборудования и сооружений 2-го энергоблока ЛАЭС

**Part 3 - Reports on Description and Analysis of LNPP 2 Safety Important Systems, Equipment and Buildings**

Часть 4 – Отчеты по анализу проектных аварий

**Part 4 - Reports on DBA Analysis**

Часть 5 – Отчеты по эксплуатации 2-го энергоблока ЛАЭС

**Part 5 - Reports on LNPP 2 Operation**

Часть 6 – Другие отчеты **Part 6 – Other reports:**

- Радиационная безопасность **Radiation safety;**
- Пожарная безопасность **Fire Safety:**



## Перечень задач УОБ

### List of ISA Tasks:

1. Управление проектом, планирование и интеграция задач  
**Project management, planning and integration of tasks**
2. Подготовка списка нормативно-технических, проектных и станционных документов по всем задачам / **List of Codes and Standards (C&S), Design and Plant Documentation covering all Tasks**
3. Описание систем  
**System Description**
4. Инженерная оценка:  
**Engineering Assessment:**
  - Анализ систем и элементов на соответствие требованиям НД  
**Analysis of systems and components in compliance with C&S requirements**
  - Анализ систем и элементов на соответствие принципу единичного отказа  
**Analysis of systems and components to meet single failure principle**
  - Анализ надежности **Reliability Analysis**
  - Оценка работоспособности **Operability Assessment**



## Перечень задач УОБ (продолжение):

### List of ISA Tasks (continued):

5. Детерминистический анализ проектных и запроектных аварий **Deterministic Analysis of DBA and BDBA**
6. Вероятностный анализ безопасности **Probabilistic Safety Analysis**
7. Анализ эксплуатационной безопасности  
**Operational Safety Analysis**
8. Анализ пожарной безопасности **Fire Safety Analysis**
9. Анализ радиационной безопасности **Radiation Safety Analysis**
10. Оценка воздействия на окружающую среду  
**Assessment of Environmental Impact**
11. Характеристика площадки **Site Characterization**
12. Анализ внешних воздействий **External Events Analysis**
13. Обоснование пределов и условий безопасной эксплуатации  
**Justification of safety operation limits and conditions**



## Перечень задач УОБ (продолжение):

### List of ISA Tasks (continued):

14. Оценка целостности КМПЦ      **Assessment of Primary Circuit Integrity**
15. Сбор информации общего характера  
    **Acquisition of general information**
16. Анализ 2-го блока ЛАЭС в целом на соответствие требованиям НД  
    **Analysis of LNPP 2 as a whole to meet C&S requirements**
17. Разработка программы модернизации и планирование дальнейших мер по повышению безопасности 2-го энергоблока  
    **Development of refurbishment program and planning of further measures aimed at LNPP 2 safety improvement**
18. Обобщенная оценка текущего и прогнозируемого уровня безопасности 2-го энергоблока  
    **Generalized assessment of current and predicted safety level of LNPP 2**
19. Подготовка сводного тома ОУОБ  
    **Preparation of Summary ISAR**



## Описание систем **System Description:**

### Уровень А (24 системы) **Level A (24 systems)**

- ✓ системы безопасности **Safety Systems**;
- ✓ системы нормальной эксплуатации, важные для безопасности (влияющие на ядерную безопасность)  
**Normal Operation Safety Important Systems (influence on Nuclear Safety)**

### Уровень В (15 систем) **Level B (15 systems)**

- ✓ системы нормальной эксплуатации, важные для безопасности **Normal Operation Safety Important Systems**

### Уровень С (9 систем) **Level C (9 systems)**

- ✓ системы нормальной эксплуатации, не влияющие на безопасность **Normal Operation Systems (no influence on safety)**

***Всего: 115 отчетов***



## Инженерная оценка:

### Engineering Assessment

▶ Анализ систем и элементов 2-го блока на соответствие требованиям НД

Analysis of LNPP 2 systems and components to meet C&S requirements

▶ Анализ отказов систем – проверка на соответствие принципу единичного отказа

Analysis of system failures – check compliance with SF principle

▶ Анализ надежности систем

System reliability Analysis

▶ Оценка работоспособности систем (в т.ч. оценка целостности КМЩЦ)

System Operability Assessment (including Primary Circuit Integrity Assessment)



Анализ на соответствие требованиям НД:  
Compliance with C&S

Разработка базы данных по требованиям НД,  
системам и элементам  
Development of Data Base on C&S requirements, systems and components



Проведение анализа на соответствие требованиям НД  
ЭКСПЕРТНЫМ МЕТОДОМ  
Analysis of compliance with C&S, using expert judgement



Классификация несоответствий, обоснование  
соответствий, выработка компенсирующих  
мероприятий  
Classification of non-compliances, development of measures for their resolution



## Методика для анализа на соответствие требованиям НД:

### Analysis of Compliance with C&S:

Базируется на:

Methodology Used:

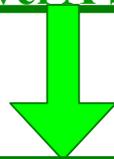
- INSAG – 8;  
INSAG-8
- Safety Series 50-SG-O12, 50-SG-O14;  
Safety Series 50-SG-O12, 50-SG-O14
- TECDOC-640  
TECHDOC-640



## Анализ надежности:

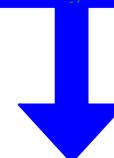
### Reliability Analysis

Системы уровня А  
Level A Systems



Построение деревьев отказов в  
рамках создания модели ВАБ  
Production of Fault trees in The frames of PSA model

Системы уровня В  
Level B Systems



Качественный и количественный анализы надежности  
Qualitative and quantitative analysis of reliability

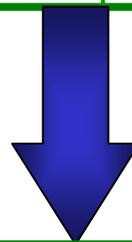


**Анализ отказов:**  
Failure Analysis

**Системы уровня А**  
Level A Systems

(системы безопасности и часть систем нормальной эксплуатации, важных для безопасности)

(Safety systems and part of normal operation safety important systems)



Анализ систем на соответствие принципу единичного отказа (с учетом ООП, ошибок оператора и внешних воздействий)

Analysis of systems to meet SF principle (with CCF, operator errors and external events taken into account)

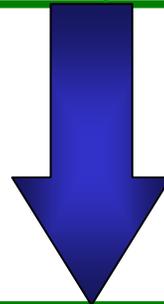


## Оценка работоспособности:

Operability assessment

Системы безопасности и часть систем  
нормальной эксплуатации, важных для  
безопасности

Safety systems and part of normal operation safety important systems



Проверка выполнения системой своих  
функций во всех режимах (НУЭ, ННУЭ)

Assessment of system operability in all modes (normal operation  
conditions, abnormal operation conditions)



Вероятностный анализ безопасности (ВАБ):

**Probabilistic Safety Analysis (PSA):**

Максимальное использование результатов международного проекта ВиДАБ (методики, программы, результаты и т. д.)

Comprehensive utilization of the International P&DSA Project results (methodology, programmes, results, etc.)

Программное обеспечение «RISK-SPECTRUM»  
Software "RISK-SPECTRUM"

Модель ВАБ 2-го энергоблока по состоянию после полной реконструкции

PSA model FR LNPP-2

**Модель ВАБ 2-го блока по его состоянию на 2000 год**

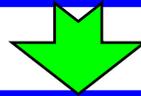
LNPP-2 PSA model as of the year 2000



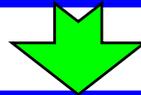
## Детерминистический анализ безопасности (ДАБ):

**Deterministic safety analysis (DSA):**

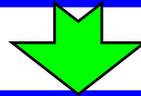
Анализ всего перечня ИС из ТС ОУОБ (50 ИС ПА и 7 ИС ЗПА)  
**Analysis of the whole list of IE out of the Standard Contents of the ISA Report**



Минимизация перечня и выбор ИС для проведения расчетов с учетом ранее выполненных работ  
**Minimization of the list and selection of IE for performing calculations with account of previously done jobs**



Сбор исходных данных **Initial data collection**



Разработка тепло-гидравлической и нейтронно-физической моделей **Development of thermohydraulic and neutronic models**



Выполнение детерминистических расчетов  
**Performance of deterministic calculations**



## Результаты ДАБ:

DSA results:

Выпуск отчетов по анализам проектных и  
запроектных аварий

Compilation of reports on BDA and BDBA analyses

Детерминистическая поддержка ВАБ

PSA deterministic support

Обоснование пределов и условий  
безопасной эксплуатации

Justification of safe operation limits and conditions



Анализ эксплуатационной безопасности:  
Operational safety analysis (OSA)

Организационная структура и управление ЭО ЛАЭС

**LNPP operating utility organizational structure and management**

Эксплуатационная документация

**Operations documentation**

Организация эксплуатационного контроля

**In-service inspection organization**

Эксплуатационный персонал

**Operations personnel**

Метрологическое обеспечение

**Metrological support**

Организация технической поддержки (материально-техническое обеспечение ) текущего ремонта и обслуживания

**Organization of maintenance technical support (procurement)**

Обеспечение качества

**Quality assurance**

Обеспечение техники безопасности

**Labor protection assurance**

Организация противопожарной защиты

**Fire protection organization**



## Анализ эксплуатационной безопасности (продолжение):

Operational safety analysis (OSA) (continued):

Учет опыта эксплуатации

**Operational experience feedback**

Защита персонала и населения при возникновении чрезвычайных ситуаций

**Personnel and public protection in case of emergency**

Организация контроля и учета ядерных материалов

**Nuclear materials control and account arrangements**

Организация контроля и переработки радиоактивных отходов

**Radwaste control and reprocessing organization**

Технико-экономические показатели работы энергоблока

**Power units performance indicators**

Описание системы сбора, обработки и учета эксплуатационных данных

**Description of operations data collection, processing and account system**

Анализ нарушений при эксплуатации энергоблока

**Analysis of deviations in power unit operations**



Анализ эксплуатационной безопасности (продолжение):

**Operational safety analysis (OSA) (continued):**

Оценка эффективности защитных барьеров и надежности систем безопасности

**Evaluation of protection barriers and safety systems reliability**

Обеспечение контроля работоспособности и состояния оборудования и систем, важных для безопасности

**Control of performance and status of equipment and systems important for safety**

Анализ состояния ресурса оборудования и систем, важных для безопасности

**Analysis of resource status of equipment and systems important for safety**

Направления дальнейших мер по повышению эксплуатационной безопасности

**Further activities to improve operational safety**



## Анализ пожарной безопасности Fire safety analysis (FSA):

Использование результатов работ по анализу ПБ 3 блока ЛАЭС  
**Application of LNPP-3 fire safety analysis results**

Учет пожаров, как внутренних ИС в модели ВАБ  
**Consideration of fires as internal IE in PSA model**

Разработка отчета по организации противопожарной  
защиты в рамках АЭБ  
**Development of fire safety arrangements report in the framework of the  
operational safety analysis**

Подготовка итогового отчета по анализу пожарной безопасности  
**Production of the final fire safety analysis report**



## Оценка влияния на окружающую среду:

### **Environmental Impact Assessment:**

#### *Направления оценки:*

- Радиологическая нагрузка на площадку, имевшая место до начала работы энергоблока;  
**Radiological impact on Site before power unit start-up**
- Радиоактивные выбросы с воздухом через венттрубу и сточными водами;  
**Radioactive releases via vent pipe and sewage**
- Непосредственное (прямое) облучение;  
**Direct irradiation**
- Радиоактивные остаточные вещества;  
**Residual radioactive substances**
- Передача тепла воздуху и сточным водам (если необходимо, то отметить влияние градирен);  
**Heat transfer to air and sewage (if necessary mark the impact of cooling tower )**



## Оценка влияния на окружающую среду:

### **Environmental Impact Assessment (continued):**

- Прочие воздействия на окружающую среду;  
**Other environmental impacts**
- Шумовое воздействие;  
**Noise impact**
- Химические (выбросы и отходы);  
**Chemical releases and wastes**
- Воздействие на грунтовые воды.  
**Impact on soil waters**



Анализ внешних воздействий:  
**External Events Analysis**

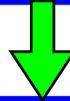
Составление списка исходных событий с учетом рекомендаций  
ТС ОУОБ

**Listing of IE to meet recommendations of ISAR standard content**



Проведение выбора внешних событий по их значимости

**Selection of external events based on their significance**



Проведение дополнительных анализов и расчетов

**Additional analysis and calculations**



Выпуск отчетов

**Reports issuance**



Использование результатов ранее проведенных анализов и  
расчетов

**Application of predecessor analysis and calculations**



## Список внешних воздействий:

### List of External Events:

1. Рассмотрены все внешние воздействия в соответствии с перечнем из нормативного документа ПНАЭ Г-05-035-94

**All the external events listed in Regulatory document PNAE G-05-035-94 are considered**

2. При проведения ранжирования и отбора внешних воздействий, следующие явления были отобраны для дальнейшего анализа:

**Based on external events ranging and selection, the following phenomena were selected for the further analysis:**

- ✓ Гидрометеорологические процессы и явления (Наводнение; Ветер; Осадки; Экстремальные снегопады и гололедно-изморосевые отложения; эффекты водорослей;)

**Hydrometeorological processes and phenomena (flooding; wind; precipitation; extreme snow-falls and icing; algae)**



## Список внешних воздействий (продолжение):

### List of External Events (continued):

✓ Геологические и инженерно-геологические процессы и явления (Землетрясения; Провалы и оседания территории; Деформации специфических грунтов; Периодическое подтопление территории)

**Geological & engineering-geological processes and phenomena (earthquakes; gaps and depressions at site; specific soils deformations; periodic site flooding)**

✓ Техногенные факторы (Падение самолета; Пожар; Взрывы; Разлив масел и нефтепродуктов на прибрежных поверхностях морей и океанов газов и аэрозолей в атмосферу.

**Technogenous factors: (aircraft crashes; fair; explosions; oil and oil products spill near off-shore sea area; discharge of gases and aerosols into atmosphere)**



## Мероприятия по повышению безопасности: **Safety Improvement Activities:**

Учет доминантных вкладчиков по результатам расчетов модели ВАБ

**Take into account dominant contributors based on PSA-model calculations**

Учет выводов и рекомендаций из задач УОБ

**Take into account ISA conclusions and recommendations**

Планирование дальнейших мер по повышению безопасности  
**Planning of further activities on safety improvement**



## Обобщенная оценка безопасности:

### Generalized Safety Assessment

➤ Выполнение концепции безопасности **Safety conception implementation**

➤ Учет опыта эксплуатации **Operation experience feedback**

➤ Соответствие требованиям НД ГАН **Compatibility with GAN Reg. Doc.**

➤ Учет результатов анализов запроектных аварий **BDBA feedback**

➤ Прогноз уровня безопасности блока при дальнейшей эксплуатации с учетом реализации мероприятий

**Prediction of Unit safety level in future operation after activities implementation**



## Основные результаты ДАБ: DSA Key Results:

Подтверждение эффективности новых и модернизируемых систем безопасности, обоснованное принятие решений, снижающих объем и сроки завершения реконструкции. **Confirmation of efficiency of new and modernized safety systems; Substantiated decision making to reduce scope and terms of modernization**

Можно ограничиться созданием двухканальной САОР вместо запланированной трехканальной системы. **Possibility to create two-channel ECCS instead of three-channel system**

При наиболее тяжелых проектных авариях максимальные температуры оболочек ТВЭЛов и канальных труб существенно ниже соответствующих допустимых значений **For most severe DBA, maximum temperature of fuel-element cladding and pressure tubes is well below permissible values**

При длительном обесточивании блока повреждений топлива или канальных труб не происходит в течение до 1,5 часов **Long-term loss of Unit power does not result in damage of fuel and pressure tubes within the first 1.5 hours**



## Основные результаты ВАБ:

### PSA Key Results

1. Запланированная программа реконструкции очень важна и позволяет существенно снизить риск тяжелой аварии на АЭС;

**Planned program of modernization reconstruction is of great importance and makes it possible to substantially decrease probability of severe accidents at NPP**

1. По завершении реконструкции достигается частота повреждения активной зоны, около  $2 \cdot 10^{-5}$  1/год . что соответствует приемлемому уровню безопасности для АЭС старших поколений.

**On modernization completion CDF is  $\sim 2 \cdot 10^{-5}$  1/year that is consistent with acceptable safety level at NPPs of old-generation**



## Основные результаты ВАБ(продолжение):

### **PSA Key Results (continued):**

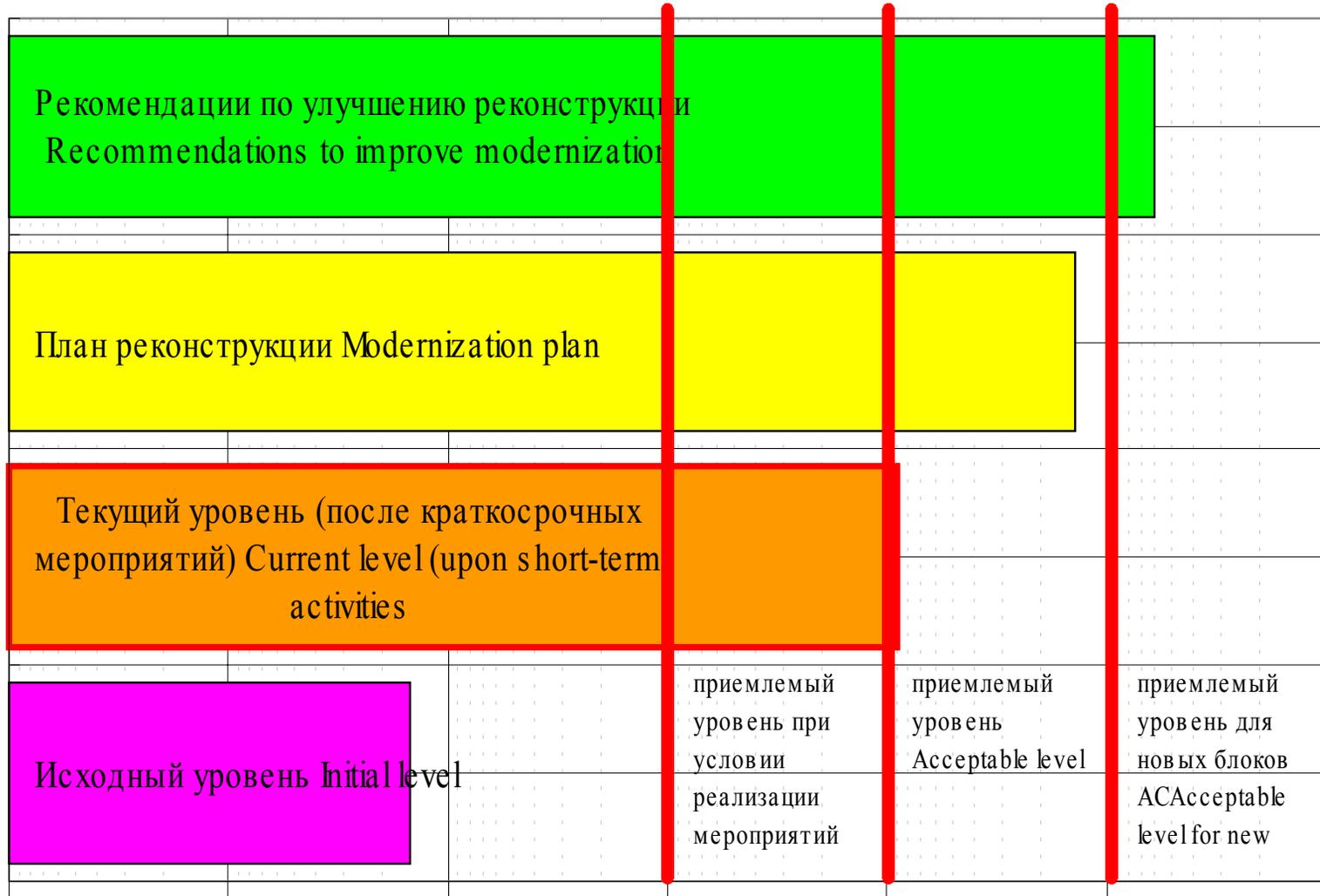
- До завершения реконструкции снижение частоты повреждения активной зоны может быть достигнуто простой модификацией аварийных инструкций в части действий персонала и мероприятиями по модернизации существующих систем важных для безопасности (мероприятия № М-584).

**Before modernization completion CDF may be reduced through simple modification of emergency procedures (personnel actions) and activities aimed at modernization of existing safety important systems (activities # M-584).**



Результаты ВАБ и критерии риска:

**PSA Results and Risk Criteria:**



1,00E+00    1,00E-01    1,00E-02    1,00E-03    1,00E-04    1,00E-05    1,00E-06



## Работы по УОБ 1-го блока

### Unit 1 ISA activities

Распространение результатов УОБ блока № 2 на 1-й энергоблок после необходимой доработки

Unit 2 ISA results expended to cover Unit 1 (upon modification)

Использование ресурсов международных программ по ядерной безопасности

Use of International Nuclear Safety Programs resources



**План выполнения УОБ для блоков ЛАЭС:**

LNPP ISA: Work Schedule

<b>№ бл. Unit</b>	<b>Выполнение основных работ</b> Terms of main activities implementation	<b>Оформление отчета</b> Report production	<b>Подача отчета в ГАН</b> Report submission to GAN
1	01.01.2000-01.02.2002 г.	01.06.2002 г.	30.06.2002 г.
2	01.01.1998-01.02.2001 г	01.06.2001 г.	30.06.2001 г.
3	01.06.2000-01.06.2002 г	01.10.2002 г.	30.10.2002 г.
4	01.03.2001-01.08.2002 г	01.12.2002 г.	30.12.2002 г.